

アーチサポートが立位での足趾屈曲力に与える影響

The effect of arch support on toe flexion strength in a standing position

廣田健斗*¹, 渡邊耕太*², 片寄正樹*²
寺本篤史*³, 山下敏彦*³

キー・ワード：Medial longitudinal arch, insole, toe flexion strength
内側縦アーチ, インソール, 足趾屈曲力

【要旨】 【はじめに】足趾の屈曲機能は足部の安定化やスポーツパフォーマンスに重要であることが知られている。足内側縦アーチ低下や足部障害をきたした選手に、アーチサポートを処方することは一般的である。しかしアーチサポートによる足趾機能への影響は不明である。そこで本研究の目的は、内側縦アーチのアーチサポートが立位での足趾屈曲力に影響するかを検討することとした。

【方法】6名の健常男性を対象とした（平均21歳）。測定条件：肢位は静止立位とし、全足趾同時に最大努力での足趾屈曲運動を5秒間行った。使用したアーチサポートは高さ5mmで、内側縦アーチ下に挿入した。評価項目：足アーチ形状評価にはアーチ高比を用い、アーチ高を切頂足長で除した値とした。足趾屈曲力は足圧分布測定システム（ニッタ株式会社、F-スキャン）にて計測した。データ解析：アーチサポート有無の2条件間で足趾屈曲力を比較した。統計学的解析は対応のあるt検定を用いた（ $p < 0.05$ ）。

【結果】アーチ高比の値はローアーチ～正常の範囲であった（平均 0.331 ± 0.019 ）。足趾屈曲力はアーチサポート無し条件で $8.26 \pm 1.86\text{kg}$ 、アーチサポート有り条件で $9.20 \pm 2.03\text{kg}$ であり、両群間で有意差を認めた（ $p = 0.004$ ）。

【考察】アーチサポートによる足趾屈曲力の向上には、内側縦アーチの支持性向上や足内在筋の圧迫、バランス機能の改善が関与したと考えた。アーチサポートの有効性には、足趾屈曲力向上もかかわっている可能性が示唆された。

はじめに

足趾屈曲には、外在筋である長母趾屈筋と長趾屈筋のほか、短母趾屈筋や短趾屈筋に代表される足内在筋など多くの筋がかかわっている。これら足趾屈曲筋の機能としては、足部アーチの保持や足部の安定化を担っていることが知られている^{1,2)}。また足趾屈曲力と運動パフォーマンスとの関係についても研究されてきた。Moritaらは、小学生を対象とした研究で、足趾屈曲力がスプリントやジャンプ能力と関連することを報告した³⁾。

Goldmannらは、足趾屈曲力トレーニング後には前方へのジャンプ距離が増大することを示した⁴⁾。以上のように、足趾屈曲力は運動パフォーマンスにおいて重要な機能であるといえる。

足アーチは足趾屈曲力に影響する因子の一つと考えられている。足趾屈曲力と足部アーチ高との関係を比較した研究では、両者に相関のあることが報告されている^{5,6)}。また林ら⁷⁾は、厚さ5mmの舟状骨パッドを設置した足底挿板の使用により、腹臥位での足趾屈曲力が増加したことを報告した。アーチサポートはアーチの保持やアライメント矯正効果を有し、スポーツ障害の予防や足アーチ低下・足部障害のあるアスリートの治療に広く利用されている。アーチサポートの効果については多くの研究があるが、立位での足趾屈曲機

*1 北海道社会事業協会帯広病院リハビリテーション科

*2 札幌医科大学保健医療学部理学療法第二講座

*3 札幌医科大学医学部整形外科科学講座

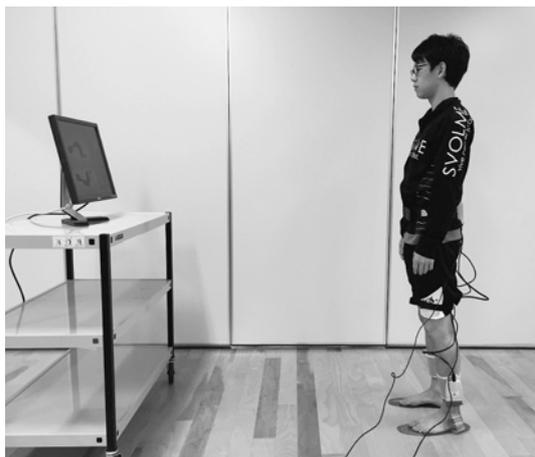


図1 運動課題中の環境
足圧中心がリアルタイムで表示されているモニターを被験者前方に設置し、静止立位時の足圧中心位置を可能な限り保持するようにした。



図2 使用したアーチサポート
ウレタンとポリエチレン混合製のアーチサポートを使用し、高さは5mmとした。

能にアーチサポートが与える影響は不明である。

そこで本研究の目的は、内側縦アーチのアーチサポートが立位での足趾屈曲力に影響するかを検討することとした。

対象および方法

1. 対象

対象は健康男性6名(平均年齢 21.2 ± 1.9 歳, 平均身長 170.3 ± 6.3 , 平均体重 65.8 ± 11.1)とした。測定側は利き足とし、ボールを蹴る足を利き足とした。過去に測定側下肢の機能障害や変形が残存するような整形外科的既往を有する者、重度扁平足の者は除外した。なお、対象者には研究に関する説明を十分に行い、書面による同意を得た後に実験を実施した。

2. 方法

足アーチ形状評価

足アーチ形状評価にはアーチ高比を使用した⁸⁾。アーチ高比はアーチ高を切頂足長で除した値であり、アーチ高は足長の midpoint 部での床面から足背までの高さ、切頂足長は踵後面から第一中足趾関節中心までの距離とした。McPoil ら⁹⁾の報告を参考に、アーチ高比 0.343 ± 0.03 の範囲を正常とした。

足趾屈曲力の計測

足趾屈曲力の計測には、足圧分布測定システム(F scanII, ニッタ株式会社)を使用し、厚さ0.15mmのセンサーシートを足底と床面の間に設置した。計測肢位は静止立位とし、運動課題は全足趾

同時に最大努力での足趾屈曲運動を5秒間行うこととした。課題時には「地面を押すように足趾屈曲すること」を被験者に指示した。さらに、重心コントロールとして、リアルタイムでの足圧中心を表示したモニターを被験者前方に設置し(図1)、課題中に「静止立位時の足圧中心位置を可能な限り維持する」ように指示した。事前に運動課題を十分に練習し、被験者が安定して課題を行えるようになったことを確認した後に計測を行った。運動課題は測定側のみとし、1試行ごとに休憩をはさみ計3試行行った。

アーチサポート

ウレタンとポリエチレン混合製のアーチサポートを使用した。アーチサポートの高さは5mmとし、内側縦アーチ下に挿入した(図2)。

データ解析

足趾屈曲力の解析には、①全足趾領域での荷重合計値、②母趾と外側4趾に分けた荷重値の2つを用いた(図3)。安定して荷重値が出力されている区間1秒間の平均値を各試行の値とし、3試行の平均値を足趾屈曲力とした。

統計学的解析

アーチサポート有無の2条件間で足趾屈曲力を比較するため、統計学的解析は対応のあるt検定を用いた。有意水準は5%とした。

結果

アーチ高比の値はローアーチ～正常の範囲であった(平均 0.331 ± 0.019)。

全足趾領域での足趾屈曲力はアーチサポート無し条件で 8.26 ± 1.86 kg、アーチサポート有り条件で 9.20 ± 2.03 kgであり、両群間で有意差を認めた(図4)。

母趾の屈曲力はアーチサポート無し条件で2.97

±1.97kg, アーチサポート有り条件で 3.63±1.81 kg, 外側 4 趾の屈曲力はアーチサポート無し条件で 5.29±2.50kg, アーチサポート有り条件で 5.57±2.61kg であった. 母趾および外側 4 趾のどちらにおいても, アーチサポート有無の 2 条件間で有意差を認めなかった (図 5).



図 3 足趾屈曲力の解析
実線で囲んだ範囲を全足趾の屈曲力として解析した. さらに, 点線より内側を母趾の屈曲力, 点線より外側を外側 4 趾の屈曲力として解析した.

考 察

本研究は筆者らが渉猟し得た限り, アーチサポートが足趾屈曲力に与える影響を検討した初めての研究である. また本研究では, 足趾屈曲力の解析の際に全足趾評価と母趾・外側 4 趾に分けた評価を行った.

本研究の結果から, アーチサポートは立位での足趾屈曲力を向上させることが示された. 一方, 母趾と外側 4 趾に分けた評価ではどちらにおいてもアーチサポートによる有意な足趾屈曲力増加は認めなかった. 母趾と外側 4 趾では屈曲に関わる筋が異なるが, アーチサポートの効果はこの違いによる影響を受けなかった. 個々人の足趾屈曲力に着目すると, 足趾全体での評価では全被験者でアーチサポート有り条件での足趾屈曲力が高値を示していたのに対し, 母趾と外側 4 趾での評価ではアーチサポート有り条件と無し条件間での値にばらつきがみられた. このことから, アーチサポートによる足趾屈曲力向上への要因は対象により異なる可能性があると考えた.

アーチサポートによる足趾屈曲力向上メカニズムには, いくつかの要因が考えられる. 第 1 にアーチサポートによる足アーチ安定化が挙げられる. 荷重下での内側縦アーチの低下は後足部の回内, 中足部と前足部の回外を生じる¹⁰⁾. この足アライメント変化は足部に起始を有する足内在筋だけでなく, 足関節後方を通り足趾末節骨へと付着する

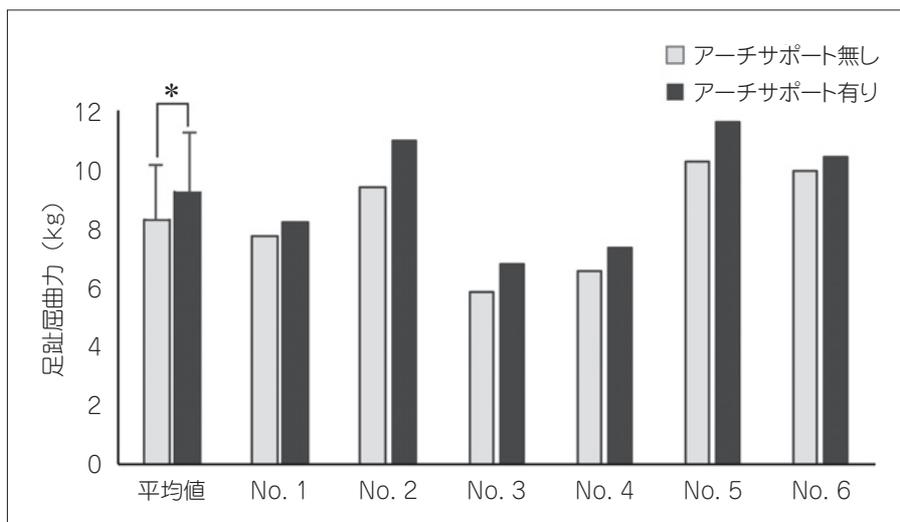


図 4 全足趾領域での足趾屈曲力
全足趾領域での足趾屈曲力を全被験者の平均値と各被験者の値で示した. アーチサポート有り条件はアーチサポート無し条件よりも有意に高値を示した. *p<0.05

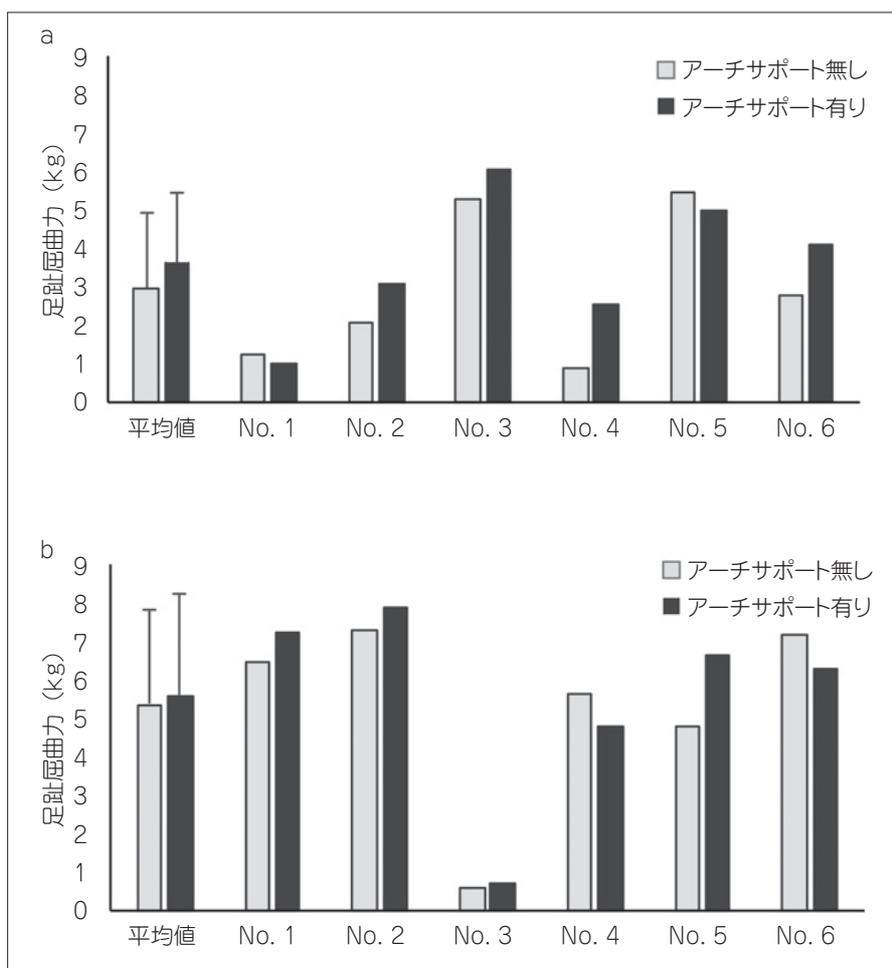


図5 母趾および外側4趾の足趾屈曲力
 (a) 母趾領域での足趾屈曲力 (b) 外側4趾領域での足趾屈曲力
 母趾領域および外側4趾領域での足趾屈曲力を全被験者の平均値と各被験者の値で示した。母趾および外側4趾のどちらにおいても、アーチサポート有無の2条件間で有意差を認めなかった。

外在筋の走行にも影響すると考えられる。アーチサポートにより足アーチの静的安定性が得られたことで内側縦アーチの降下に伴う足アライメントの変化が抑えられ、足趾屈曲に関与する筋の出力が向上したことや筋収縮力が効率よく足趾に伝達したことが考えられた。第2の要因としては、足内在筋圧迫による神経学的要因の変化がある。林ら⁷⁾は横アーチ低下症例に対し、5mmの舟状骨パッドを設置した足底挿板を使用することで、腹臥位での足趾屈曲力が向上したことを報告した。その理由として、舟状骨パッドが母趾外転筋や短母趾屈筋および短趾屈筋の筋腹を圧迫することで生じる神経筋接合部での overflow 現象や、feedback 機構に起因する前角細胞の興奮など、神経学的要因によるものが影響したと考察している。第3の要因はバランス機能の向上である。高田ら¹¹⁾は

内側縦アーチへのアーチサポートが強調されている足底挿板を使用することにより、静止立位での重心動揺の総軌跡長が減少したことを報告している。本研究においても内側縦アーチのアーチサポート挿入によりバランス機能が向上したことで立位での足趾屈曲力の発揮向上に繋がった可能性がある。アーチサポートはスポーツ障害の予防や、足アーチ低下・足部障害のあるアスリートの治療に広く利用されている。アーチサポートの有効性には、アーチ保持やアライメント矯正¹²⁾、足圧分布変化¹³⁾などが報告されている。本研究の結果から、足趾屈曲力の向上もアーチサポートの有効性の1つである可能性が示された。

結 語

6名の健常者を対象として、内側縦アーチの

アーチサポートが足趾屈曲力に与える影響を検討した。アーチサポートを使用することで、全足趾の総屈曲力が有意に増加した。足趾屈曲筋には足アーチの保持や足部安定化の作用がある。また足趾屈曲力はスプリントやジャンプ能力と関連がある。アーチサポートを使用することで、アーチサポートの静的足部安定化作用と足趾屈筋の動的作用が合わさって、スポーツ障害の予防や足部症状の軽減、スポーツパフォーマンスの向上に効果を発揮するメカニズムが考えられた。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし

文 献

- 1) Basmajian, JV, Stecko, G. The role of muscles in arch support of the foot. *J Bone Joint Surg Am.* 1963; 45: 1184-1190.
- 2) Kelly, LA, Cresswell, AG, Racinais, S, Whiteley, R, Lichtwark, G. Intrinsic foot muscles have the capacity to control deformation of the longitudinal arch. *J R Soc Interface.* 2014; 11: 20131188.
- 3) Morita, N, Yamauchi, J, Kurihara, T, Fukuoka, R, Otsuka, M, Okuda, T, Ishizawa, N, Nakajima, T, Nakamichi, R, Matsuno, S, Kamiie, S, Shide, N, Kambayashi, I, Shinkaiya, H. Toe Flexor Strength and Foot Arch Height in Children. *Med Sci Sports Exerc.* 2015; 47: 350-356.
- 4) Goldmann, JP, Sanno, M, Willwacher, S, Heinrich, K, Brüggemann, GP. The potential of toe flexor muscles to enhance performance. *J Sports Sci.* 2013; 31: 424-433.
- 5) 野本真広, 矢倉千昭. 端座位および直立位における足趾圧迫力とアーチ高率との関係 臨床的な足部

の機能と構造の評価の検討. *リハビリテーション科学ジャーナル.* 2013; 8: 53-59.

- 6) 村田 伸, 忽那龍雄. 足把持力に影響を及ぼす因子と足把持力の予測. *理学療法科学.* 2003; 18: 207-212.
- 7) 林 典雄, 鶴飼建志, 橋本貴幸, 大嶽昇弘, 長田瑞穂, 篠田信之. 足底挿板が足部内在屈筋力に及ぼす影響について. *日本義肢装具学会誌.* 2000; 16: 287-290.
- 8) Williams, DS, McClay, IS. Measurements used to characterize the foot and the medial longitudinal arch: reliability and validity. *Phys Ther.* 2000; 80: 864-871.
- 9) McPoil, TG, Cornwall, MW, Vicenzino, B, Teyhen, DS, Molloy, JM, Christie, DS, Collins, N. Effect of using truncated versus total foot length to calculate the arch height ratio. *Foot.* 2008; 18: 220-227.
- 10) Neumann, DA. 足関節と足部. In: 嶋田智明, 有馬慶美 (監). *カラー版 筋骨格系のキネシオロジー.* 原著第2版. 東京: 医歯薬出版; 654, 2012.
- 11) 高田雄一, 深木良祐, 岩本浩二, 松岡審爾, 奥村宣久, 今田康大, 高橋 貢, 内山英一. アーチ高と足底挿板が重心動揺に与える影響. *北海道リハビリテーション学会雑誌.* 2013; 38: 43-46.
- 12) Dedieu, P, Drigeard, C, Gjini, L, Dal Maso, F, Zanone, PG. Effects of foot orthoses on the temporal pattern of muscular activity during walking. *Clin Biomech.* 2013; 28: 820-824.
- 13) Song, Q, Xu, K, Yu, B, Zhang, C, Sun, W, Mao, D. Could Insoles Offload Pressure? An Evaluation of the Effects of Arch-supported Functional Insoles on Plantar Pressure Distribution during Race Walking. *Res Sports Med.* 2015; 23: 278-288.

(受付: 2017年5月18日, 受理: 2017年9月21日)

The effect of arch support on toe flexion strength in a standing position

Hirota, K. ^{*1}, Watanabe, K. ^{*2}, Katayose, M. ^{*2}
Teramoto, A. ^{*3}, Yamashita, T. ^{*3}

^{*1} Department of Rehabilitation, Obihiro Kyokai Hospital

^{*2} Department of Physical Therapy, Sapporo Medical University School of Health Science

^{*3} Department of Orthopaedic Surgery, Sapporo Medical University School of Medicine

Key words: Medial longitudinal arch, insole, toe flexion strength

[Abstract] Introduction: Arch support is often prescribed for athletes who have pes planus or foot injury. However, the effect of arch support on toe function is unknown. The purpose of this study was to investigate whether arch support of the medial longitudinal arch affects the toe flexion strength.

Methods: Six healthy men (mean age: 21.2 ± 1.9 years) participated in the study. In the position of static standing, the subjects performed toe flexion with maximum effort for 5 seconds. The arch support was 5 mm high. The arch shape of the foot was assessed based on the arch height index. Toe flexion strength was measured with a plantar force measurement system (F-Scan, Nitta Co.). The toe-flexion strength was compared between the with- and without-arch-support conditions. For statistical analysis the paired t-test was used ($p < 0.05$).

Results: The arch height index ranged from low to normal values (mean 0.331 ± 0.019). The toe-flexion strength with arch support (9.20 ± 2.03 kg) was higher than that without arch support (8.26 ± 1.86 kg).

Conclusion: Force output of the toe-flexion muscles may be improved by providing static support of the medial longitudinal arch or compression of the intrinsic muscles.